

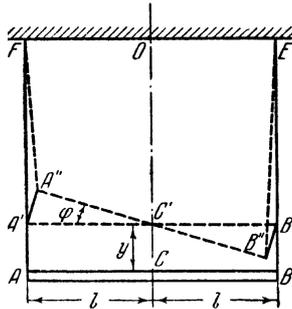
Задача 14

(Задача 998. Сборник задач по теоретической механике. И.Н. Веселовский. М.: Государственное издательство технико-теоретической литературы, 1955. – 500 с.)

Бифилярный подвес. Однородный стержень длины $2l$ и веса $P=mg$ висит на двух нитях той же длины l так, что может поворачиваться, оставаясь всегда в горизонтальной плоскости. Горизонтальная пара сил с моментом M выводит стержень из начального положения. Определить угол φ отклонения стержня при равновесии.

Для решения задачи использовать следующие значения параметров:

$$l = 0.5 \text{ м}, m = 1 \text{ кг}, M = 1 \text{ Нм}.$$

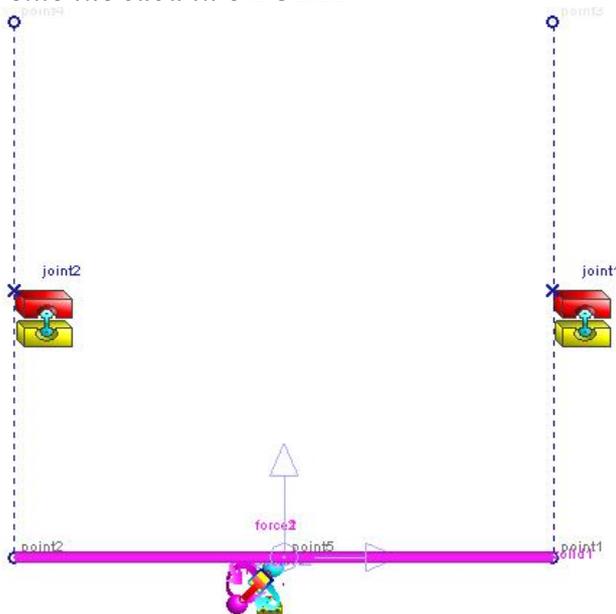


Точный теоретический ответ

Угол отклонения стержня при равновесии определяется по формуле

$$\varphi = 2 \cdot \arcsin\left(\frac{M}{m \cdot g \cdot l}\right).$$

Решение задачи в EULER



Система состоит из двух звеньев.

- Инерциальное звено (body1). В проекте звено отображается точками point3 и point4.
- Стержень (body2). Звено в проекте отображается горизонтальным цилиндром solid1 и имеет массу m .

Для соединения звеньев использованы шарниры joint1, joint2 типа «тяга со сферическими наконечниками». В проекте задана гравитация с ускорением свободного падения $9.81 \text{ [m/ s}^2\text{]}$.

Горизонтальная пара сил, выводящая стержень из начального положения, моделируется силовым элементом force1 типа «момент по датчикам на одну точку». Момент приложен в середине стержня. Вектор момента параллелен вертикальной оси.

Для определения угла отклонения стержня в горизонтальной плоскости используется датчик fi.

Для демпфирования колебаний подвеса при нахождении равновесного состояния используется силовой элемент force2 типа «вращательный демпфирующий элемент».

Для нахождения положения равновесия используется команда «Расчёт динамики движения» command1 с постоянным шагом интегрирования 0.01[s] на отрезке интегрирования 10 [s].

Результаты моделирования

Относительное отличие полученного в EULER решения от теоретического $f_i_delta_rel = 0.000\ 001\ 1 [-]$.

Текст проекта в EULER

```

scalar l=0.5 [ m ];
scalar m=1 [ kg ];
scalar M=1 [ N m ];
scalar g=9.81[ m/ s2 ];
point point1=point( l, 0 [ m ], 0 [ m ] );
point point2=point( -l, 0 [ m ], 0 [ m ] );
point point3=point( l, 2*l, 0 [ m ] );
point point4=point( -l, 2*l, 0 [ m ] );
solid solid1=cylinder( point1, point2, 0.01 [ m ], mass = m );
body body1=body( );
set ground = body1;
body body1 < ( point3, point4 );
body body2=body( color = RGB( 255, 0, 255 ) );
body body2 < ( solid1 );
joint joint1=sphericalSpherical( body1, point3, body2, point1 );
joint joint2=sphericalSpherical( body1, point4, body2, point2 );
gravity gravity1=parallel( reverse( projectY ), g = g );
point point5=point( 0 [ m ], 0 [ m ], 0 [ m ] );
force force1=moment( body2, point5, projectY, M, list( ) );
force force2=damperRotary( body1, point5, projectY, body2, point5, 0.5 [ kg m2/ s rad ] );
vector vector1=projectX;
body body2 < ( vector1 );
sensor fi=angleVV( vector1, projectX, axisDirection = projectY );
sensor w=derivative( fi );
event event1=reformsBySensor( list( stop( ) ), w, 0 [ rad/ s ], logCondition = list( ( "time>5[ s ]" ) ), ratio = multiply,
    work = on: );
sensor fi_theoretical=2*arcsin( M/ ( m*g*l ) ) *1 [ rad ];
sensor fi_delta_rel=abs( ( fi-fi_theoretical ) / fi_theoretical );
command command1=constRK4( 1.00000e+001 [ s ], 1.00000e-002 [ s ] );

```

Λ//

Λ Список главных команд;
set dynamics = command1;

Λ//

Λ Единицы измерения;
set units = SI;